

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding Penahan Tanah

2.1.1 Definisi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser.

2.1.2 Fungsi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya.

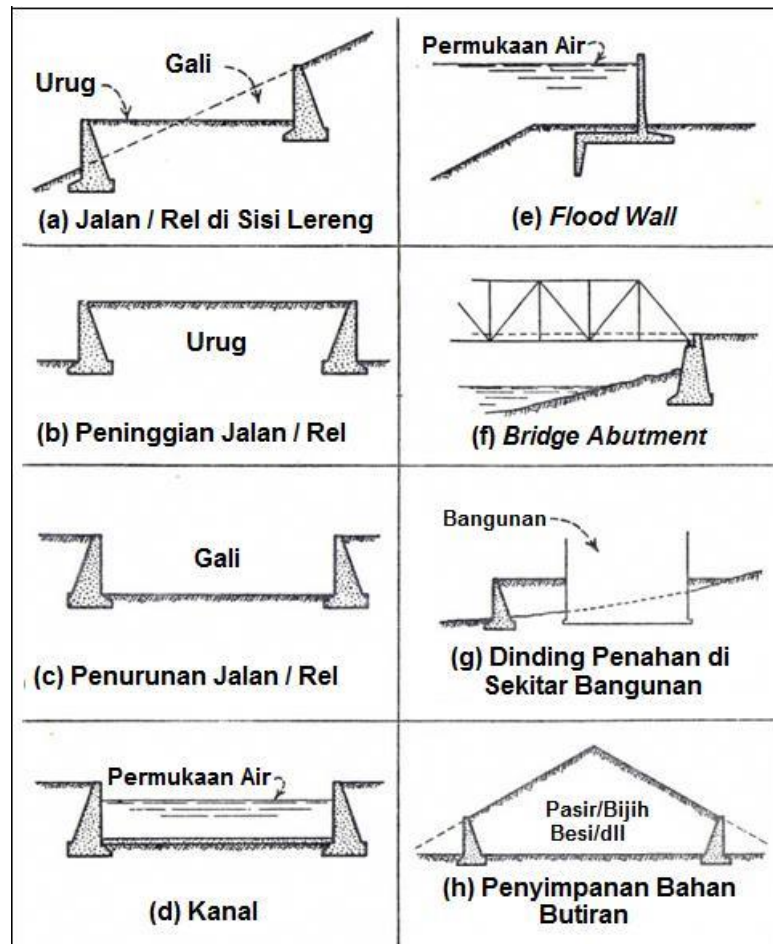
2.1.3 Kegunaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah sudah digunakan secara luas dalam hubungannya dengan jalan raya, jalan kereta api, jembatan, kanal dan lainnya. Aplikasi yang umum menggunakan dinding penahan tanah antara lain sebagai berikut:

- a. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
- b. Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi.
- c. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan elevasi.
- d. Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal.
- e. Dinding khusus yang disebut *flood walls*, yang digunakan untuk mengurangi/menahan banjir dari sungai.
- f. Dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan. Tanah pengisi ini disebut *approach fill* dan dinding penahan disebut *abutments*.
- g. Dinding penahan yang digunakan untuk menahan tanah di sekitar bangunan

atau gedung-gedung.

- h. Dinding penahan tanah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material seperti pasir, biji besi, dan lain-lain. Seperti pada **Gambar 2.1**



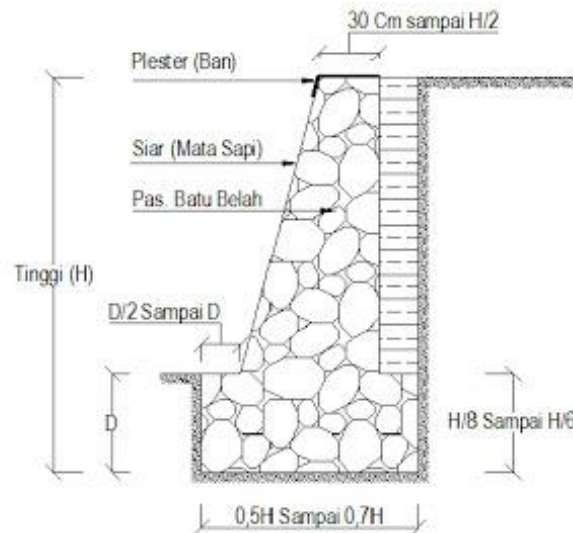
Gambar 2.1. Kegunaan Dinding Penahan Tanah

2.1.4 Jenis-jensi Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu Dinding Gravitasi, Dinding Penahan Kantiliver, Dinding Kontravort, Dinding *Butters*. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain :

1. Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (*gravity wall*)

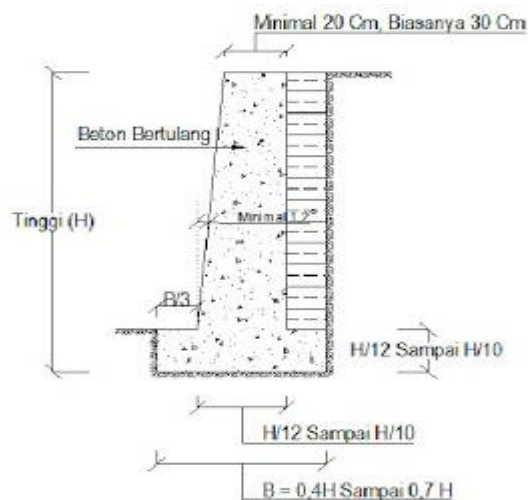
Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan temperatur. Seperti pada **Gambar 2.2**



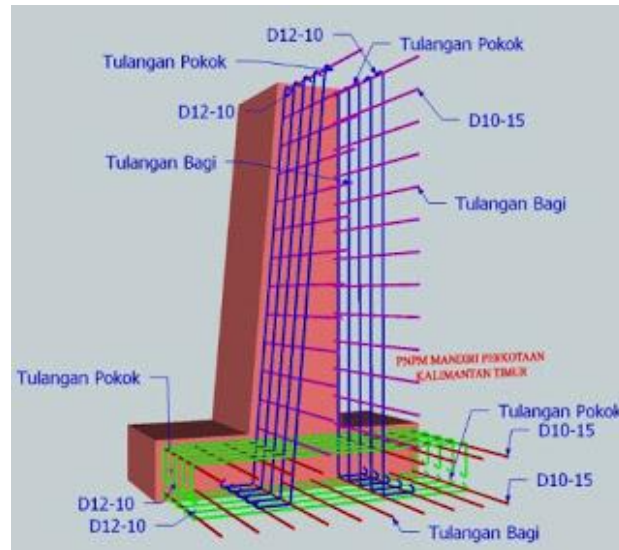
Gambar 2.2 Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (*gravity wall*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2014)

2. Dinding Penahan Tanah Type Kantilever (*Cantilever retaining wall*)

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Ketebalan dari kedua bagian relatif tipis dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja pada dinding tersebut. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak (*hell*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantiliver, yaitu bagian dinding vertical (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6– 7 meter. Seperti pada **Gambar 2.3**



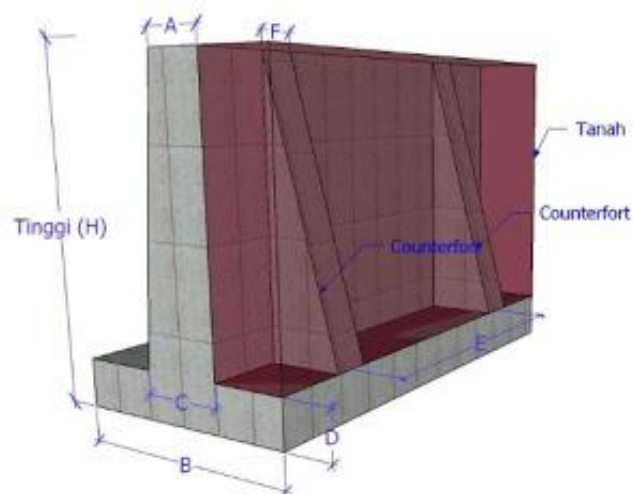
Gambar 2.3 Dinding Penahan Tanah Type Kantilever (*Cantilever retaining wall*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2014)



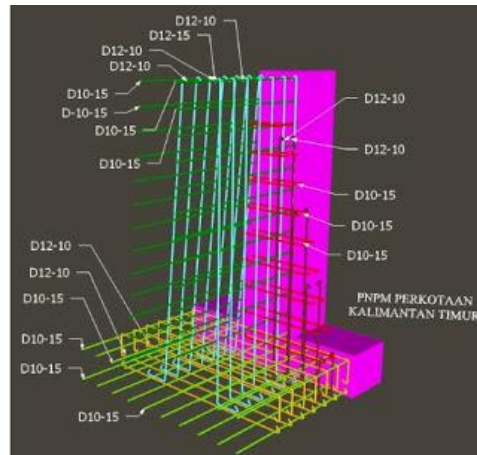
Gambar 2.4 Dinding Penahan Tanah Type Cantilever (*cantilever retaining wall*)

3. Dinding Penahan Tanah Type Counterfort (*counterfort wall*)

Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut *counterfort* (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertical cukup besar, maka bagian dinding vertical dan tumit perlu disatukan (kontrafort) Kontrafort berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertical dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interfal jarak tertentu. Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter. Seperti pada **Gambar 2.5**

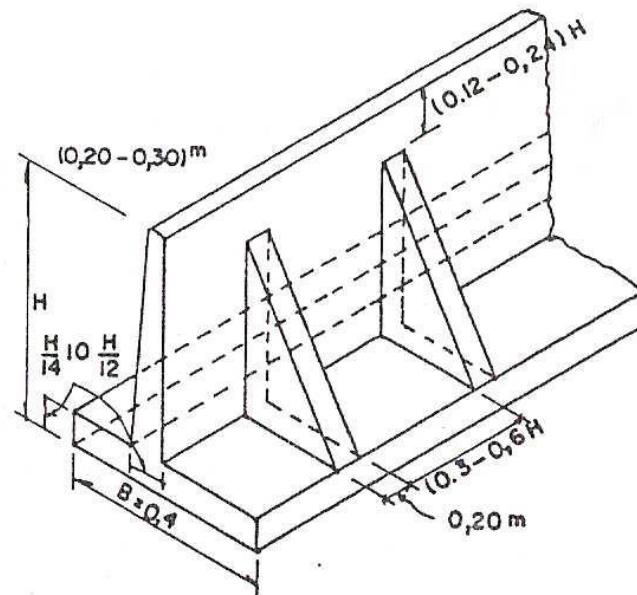


Gambar 2.5 Dinding Penahan Tanah Type Kounterfort (*counterfort wall*)



Gambar 2.6 Dinding Penahan Tanah Tipe Konterfort (*counterfort wall*)

Perencanaan dimensi dinding penahan tanah sistem kontrafort yaitu Lebar $0,45 H$ s/d $0,75 H$. Kontrafort dapat ditempatkan pada jarak $0,30 H$ s/d $0,60 H$, dengan tebal tidak kurang dari 20 cm. Tinggi kontrafort sebaiknya sama dengan tinggi dinding vertikal; tetapi bila diinginkan ketinggian yang lebih kecil, dapat dikurangi dengan $0,12 H$ s/d $0,24 H$. Seperti pada **Gambar 2.7**

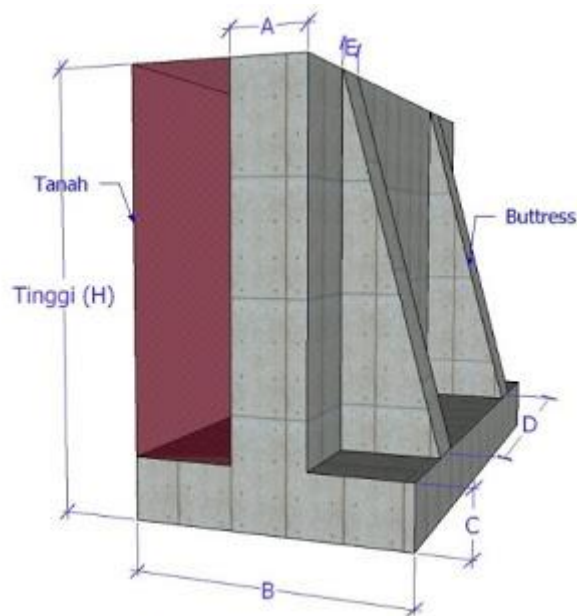


Gambar 2.7 Dinding Penahan Tanah Tipe Konterfort (*counterfort wall*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2014)

4. Dinding Penahan Tanah Type Buttress (*buffers Wall*)

Dinding Buttress hampir sama dengan dinding kontrafort, hanya bedanya bagian kontrafort diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur kontrafort berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit

lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak. Dinding ini dibangun pada sisi dinding di bawah tertekan untuk memperkecil gaya irisan yang bekerja pada dinding memanjang dan pelat lantai. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter. Kelemahan dari dinding ini adalah penahannya yang lebih sulit daripada jenis lainnya dan pemadatan dengan cara rolling pada tanah di bagian belakang adalah jauh lebih sulit. Seperti pada **Gambar 2.8**



Gambar 2.8 Dinding Penahan Tanah Type Buttress (*butters Wall*)

2.1.5 Konsep Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan survey lapangan yang telah dilakukan pada lokasi yang akan di bangun dinding penahan tanah ini, serta dengan mempertimbangkan tingkat kesulitan dalam pelaksanaan, disusun beberapa konsep perencanaan turap antara lain:

- Dinding penahan tanah yang direncanakan tidak mengganggu atau merusak aliran air sungai (tidak mengganggu luas penampang basah sungai)
- Dinding penahan tanah berfungsi sebagai dinding yang dapat menahan kelongsoran tebing sungai dan melindungi tebing sungai terhadap gerusan air.
- Dinding penahan tanah dapat menahan tekanan tanah aktif serta tekanan air dan beban lain yang bekerja pada dinding penahan tanah

- d. Dinding penahan tanah direncanakan memiliki ketahanan jangka panjang pada lingkungan pada siklus basah, kering dan lembab
- e. Dinding penahan tanah memiliki tekanan tanah lateral tanah aktif dan air, serta memiliki gaya aksial dan lateral yang bekerja pada dinding penahan tanah.

2.1.6 Urutan Perencanaan Dinding Penahan Tanah

- a. Menetapkan jenis dinding penahan tanah yang paling sesuai
- b. Memperkirakan ukuran/dimensi dinding penahan tanah yang diperlukan
- c. Hitung gaya-gaya yang bekerja di atas dasar fondasi dinding penahan.
- d. Tentukan letak resultan gaya-gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan terhadap bahaya penggulingan.
- e. Mengontrol stabilitas dinding penahan tanah terhadap
 - Bahaya guling
 - Bahaya geser, dan
 - Bahaya kelongsoran daya dukung
- f. Merencanakan struktur atau konstruksi sehingga konstruksi dinding penahan tanah mampu memikul segala beban atau muatan yang dipikul.
(Hardiyatmo, 2014)

2.1.7 Metoda Perhitungan Dinding Penahan Tanah

a. Perhitungan gaya vertikal dan momen terhadap kaki depan

$$W = A \times \gamma_{\text{beton}} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$M = W \times l \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan

W : Berat (kN)

A : Luas Penampang (m²)

γ_{beton} : Berat isi beton (kN/m³)

M : Momen (kNm)

l : Jarak (m)

b. Tekanan Tanah (Earth Pressure)

Besar tekanan tanah aktif merupakan luas diagram tegangan gaya yang terjadi akibat pembebanan, perbedaan tinggi muka air maupun akibat sifat-sifat tanah.

Diagram tegangan gaya tersebut adalah :

- 1) Akibat beban merata, berbentuk segi empat tegangan gaya
- 2) Akibat perbedaan tinggi muka air, pada mulanya berupa segi tiga tegangan gaya kemudian segi tiga tegangan gaya ini menjadi gaya, sehingga bentuk selanjutnya menjadi segi empat tegangan gaya.
- 3) Akibat Sifat-sifat tanah, dapat berbentuk segi empat dan segi tiga, dibedakan akibat harga kohesi tanah (c) dan akibat berat isi tanahnya (γ_m).

Yang perlu diperhatikan di dalam mencari total tekanan tanah adalah :

- a) Akibat sifat-sifat tanah, khususnya akibat kohesi tanah memberikan pengurangan terhadap seluruh tekanan tanah aktif yang bekerja. Sedangkan untuk tekanan tanah pasif, kohesi tanah akan menambah besar seluruh tekanan tanah pasif yang bekerja.
- b) Akibat beban garis (*Line Load*), beban titik (*point load*), dan beban strip (*strip load*), bentuk diagram dapat didekati dalam bentuk trapezium, atau segitiga.

Menurut teori Rankine, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dengan :

$$\Sigma p_a : 0,5 \times H^2 \times \gamma \times K_a \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan

K_a : koefisien tekanan tanah aktif

q : Beban terbagi rata (kN/m)

H : Tinggi dinding penahan (m)

γ_b : Berat isi tanah (kN/m³)

$$K_a : \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan

\emptyset : Sudut geser dalam

β : Sudut tanah timbunan

Untuk tanah timbunan datar ($\beta = 0^\circ$), besarnya koefisien tekanan tanah aktif menjadi :

$$K_a = \frac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset} : tg^2(45^\circ - \frac{\emptyset}{2}) \dots\dots\dots (2.5)$$

c. Stabilitas terhadap penggeseran

Akibat gaya-gaya lateral seperti tekanan tanah aktif P_a yang bekerja, maka dinding penahan tanah dapat bergeser. Gaya-gaya lateral P_a tersebut akan mendapatkan perlawanan dari tekanan tanah Pasif P_p dan gaya gesek antara dasar dinding dan tanah, τ .

Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs}), didefinisikan sebagai:

$$F_{gs} = \frac{\sum V \times \tan \delta}{\sum H} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan

F_{gs} : Faktor aman terhadap penggeseran

$\sum V$: Total gaya vertikal (kN)

$\sum H$: Total gaya horizontal (kN)

$\tan \delta$: Koefisien gesek

$F_{gs} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$F_{gs} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

Tabel 2.1 Koefisien gesek ($\tan \delta$) antara dasar fondasi dan tanah dasar (AREA, 1958)

No	Jenis tanah dasar fondasi	$\tan \delta$
1	Tanah granuler kasar tak mengandung lanau atau lempung	0,55
2	Tanah granuler kasar mengandung lanau	0,45
3	Tanah lanau tak berkohesi	0,35
4	Batu keras permukaan kasar	0,60

(Sumber : Hardiyatmo, 2014)

d. Stabilitas terhadap penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi.

Faktor aman akibat penggulingan (F_{gl}), didefinisikan sebagai

$$F_{gl} = \frac{\sum M_t}{\sum M_g} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan

F_{gl} : Faktor aman akibat penggulingan

$\sum M_t$: Momen terhadap berat sendiri fondasi (kNm)

$\sum M_g$: Momen terhadap tekanan tanah aktif (kNm)

$F_{gl} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$F_{gl} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

e. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

Gaya-gaya horizontal dan vertikal pada dinding akan menimbulkan tegangan pada tanah. Apabila tegangan yang timbul melebihi tegangan ijin tanah, maka akan terjadi penurunan tanah. Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah didefinisikan sebagai

$$F = \frac{q_{ult}}{q_{max}} \geq 2,5 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan

F : Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

q_{ult} : Kapasitas dukung ultimit (kN/m²)

q_{max} : Tekanan akibat beban struktur (kN/m²)

$$X : \frac{\sum M_t - \sum M_{tg}}{\sum V} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan

$\sum M_t$: Momen terhadap berat sendiri fondasi (kNm)

$\sum M_g$: Momen terhadap tekanan tanah aktif (kNm)

$\sum V$: Total gaya vertikal (kN)

$$e : B/2 - x \dots\dots\dots (2.10)$$

Bila $e < B/6$, bentuk diagram tekanan kontak berupa trapezium

Bila $e = B/6$, bentuk diagram tekanan kontak berupa segitiga

Bila $e > B/6$, bentuk diagram tekanan kontak berupa dua segitiga

Tekanan struktur pada tanah dasar fondasi dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut

1. Bila dipakai cara lebar efektif fondasi (asumsi meyerholf):

$$q = \frac{V}{B'} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan

V : beban vertikal total (kN)

B' : $B - 2e$

2. Bila distribusi tekanan kontak antar tanah dasar fondasi dianggap linier

$$q = \frac{V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \text{ bila } e \leq \frac{B}{6} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$q = \frac{2\Sigma V}{3(B-2e)} \text{ bila } e > \frac{B}{6} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Dalam perencanaan, lebar fondasi dinding penahan (B) sebaiknya dibuat sedemikian hingga $e < (B/6)$. Hal ini dimaksudkan agar efisiensi fondasi maksimum dan perbedaan tekanan fondasi pada ujung-ujung kaki dinding tidak besar (untuk mengurangi resiko keruntuhan dinding akibat penggulingan).

e. Penulangan dinding

- 1) Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor

Bila y adalah kedalaman dari permukaan tanah urug, momen terfaktor yang bekerja pada dinding vertikal :

$$M_u = 0,5 \times \gamma_m \times y^2 \times K_a \times \frac{y}{3} \times 1,2 + 0,5 \times q \times y^2 \times K_a \times 1,6 \dots (2.14)$$

$$V_u = 0,5 \times \gamma_m \times y^2 \times K_a \times 1,2 + q \times y \times K_a \times 1,6 \dots\dots\dots (2.15)$$

Momen (M_u) dan gaya lintang (S_u) dihitung dengan substitusi dengan substitusi nilai-nilai y ke dalam **Hubungan (2.14)** dan **Hubungan (2.15)**.

2) Hitungan kebutuhan tulangan geser

$$d = H - p - \frac{25}{2} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan

d : tinggi efektif (mm)

H : Tinggi pondasi (mm)

Kuat geser beton :

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'c}\right) b_w d \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan

V_c : Kuat geser beton (kN)

F_{c'} : Mutu Beton (mPa)

b_w : Perimeter (mm)

d : tinggi efektif (mm)

$$\phi V_n = \phi V_c = 0,75 \times V_c \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\phi V_n = \phi V_c > V_u \dots\dots\dots (2.19)$$

Karena seluruh nilai $\phi V_n = \phi V_c > V_u$ maka dinding vertical tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum saja.

3) Hitungan penulangan per meter panjang dinding:

$$\left(-\frac{1}{2} \times 0,85 \times f'c \times b\right) a^2 + (0,85 \times f'c \times b \times d) a - \left(\frac{M_u}{\phi}\right) = 0 \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan

F_{c'} : Mutu beton (mPa)

b : Perimeter (mm)

d : tinggi efektif (mm)

M_u : Momen ultimit (kNm)

Ø : 0,8

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \epsilon_{cu} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$f_s = \epsilon_s \times E_s \dots\dots\dots (2.22)$$

$$A_s = \frac{0,85 \times f'c \times a \times b}{f_s} \dots\dots\dots (2.23)$$

Rasio penulangan (ρ):

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$A_{smin} = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.25)$$

Batasan ρ_{min} menurut Pasal 9.12 adalah sebesar 0,0020, rasio penulangan tidak memenuhi. Sehingga dipakai A_s dikarenakan $A_s < A_{smin}$.

Dengan nilai luas tulangan $A_s = 2000 \text{ mm}^2$, maka jumlah tulangan per meter pelat untuk diameter tulangan mm adalah:

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} \dots\dots\dots (2.26)$$

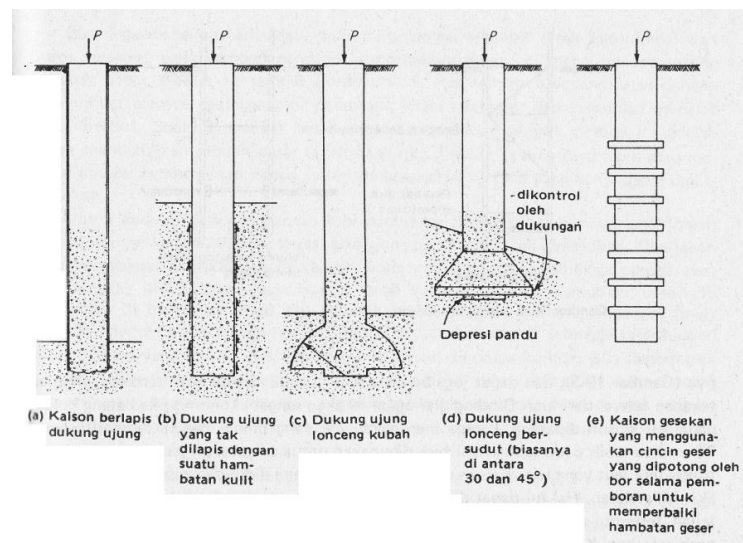
2.2 Fondasi Sumuran

2.2.1 Definisi dan Fungsi Fondasi Sumuran

Fondasi sumuran adalah pondasi yang dibangun dengan menggali cerobong tanah berpenampang lingkaran dan dicor dengan beton atau campuran batu dan mortar. Fondasi sumuran diklasifikasikan sebagai bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi dalam, digunakan apabila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam dengan persyaratan perbandingan kedalaman tertanam terhadap diameter lebih kecil atau sama dengan 4. Jika nilai perbandingan tersebut lebih besar dari 4 maka pondasi tersebut harus direncanakan sebagai pondasi tiang.

Sumuran adalah kolom prismatis atau silindris yang pada hakikatnya mempunyai fungsi yang sama dengan tiang atau kelompok tiang. Jika sumuran dibuat untuk mendukung jembatan, maka tujuan utama adalah untuk memindahkan beban ke suatu elevasi di bawah elevasi penggerusan terdalam. Di beberapa daerah setengah kering, sumuran digunakan untuk memindahkan beban ke suatu elevasi dibawah zona pengeringan lempung sangat plastik periodik. Sumuran berperan sebagai tiang berdaya dukung ujung, untuk memindahkan beban ke atas atau ke dalam lapisan teguh yang terletak dibawah lapisan yang lebih lunak.

Perbedaan utama antara sumuran dengan tiang teletak pada model pemasangannya. Kebaikan relatif dari sumuran dibandingkan dengan tiang tergantung bukan hanya pada faktor ekonomi saja, tapi juga pada beberapa faktor teknis. Faktor-faktor ini termasuk pengaruh metode pelaksanaan pada beban yang dapat ditentukan pada pondasi, dan pengaruh kondisi tanah terhadap kemudahan dan kesulitan pelaksanaan dan terhadap keutuhan pondasi yang sudah selesai. Lagi pula, faktor ini saling tergantung satu sama lainnya. Seperti pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Fondasi sumuran

2.2.2 Macam-macam Fondasi

Fondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar fondasi. Fondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar fondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Fondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi :

a. Fondasi dangkal

Fondasi dangkal disebut juga fondasi langsung, fondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar fondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah).

Fondasi dangkal adalah fondasi yang mendukung beban secara langsung :

1) Fondasi telapak

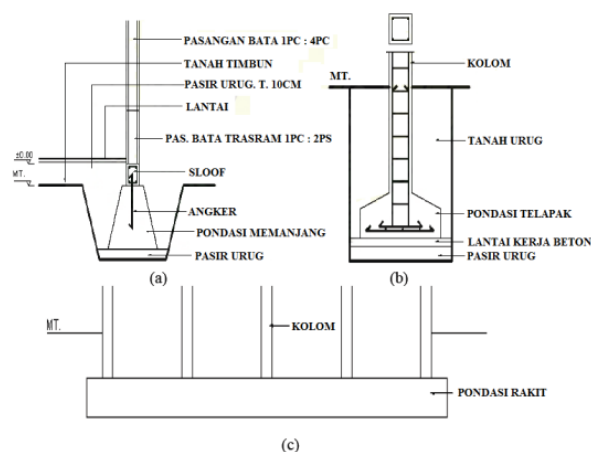
Fondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau fondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. Seperti pada **Gambar 2.10**

2) Fondasi memanjang

Fondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. Seperti pada **Gambar 2.10**

3) Fondasi rakit (raft foundation)

Fondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya. Seperti pada **Gambar 2.10**



Gambar 2.10 Fondasi dangkal

b. Pondasi dalam

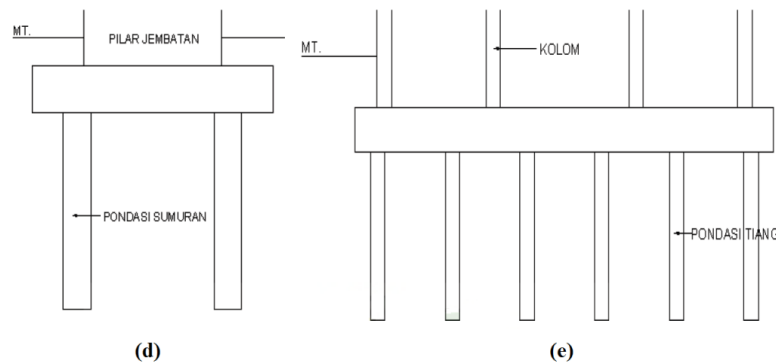
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti :

1. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuatterletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$. Seperti **Gambar 2.11**

2. Pondasi tiang (*piled foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. Seperti **Gambar 2.11**



Gambar 2.11 Fondasi dalam

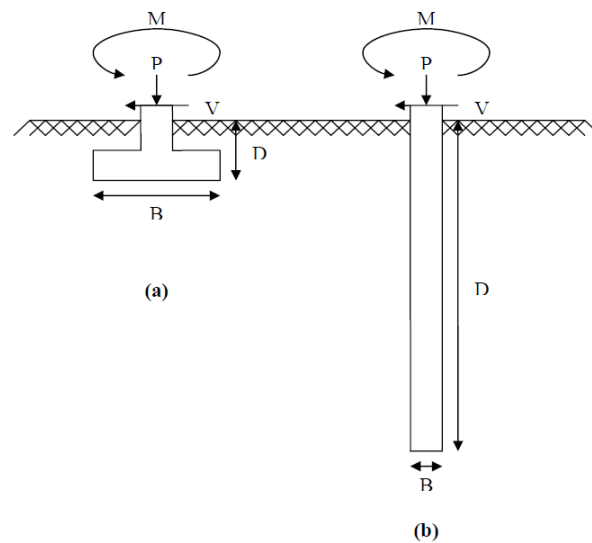
Untuk membantu memilih jenis pondasi, *Peck* (1953) memberikan rumus yaitu :

1. Untuk pondasi dangkal

$$\frac{D}{B} \leq 1 \dots\dots\dots (2.27)$$

2. Untuk pondasi dalam

$$\frac{D}{B} > 4 \dots\dots\dots (2.28)$$



Gambar 2.12. Peralihan gaya pada pondasi

- a. Pondasi dangkal
- b. Pondasi dalam

Pemilihan jenis pondasi yang tepat, perlu diperhatikan apakah pondasi tersebut sesuai dengan berbagai keadaan tanah :

1. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan pondasi telapak.
2. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan pondasi tiang apung.
3. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter dibawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini apabila penurunannya diizinkan dapat menggunakan tiang geser dan apabila tidak boleh terjadi penurunannya, biasanya menggunakan tiang pancang. Tetapi bila terdapat batu besar pada lapisan antara pemakaian kaisan lebih menguntungkan.
4. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 30 meter dibawah permukaan tanah dapat menggunakan kaisan terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat. Tetapi apabila tekanan atmosfer yang bekerja ternyata kurang dari 3 kg/cm^2 maka digunakan kaisan tekanan.
5. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 40 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini maka menggunakan tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat. (Bowles J.E, 1993)

Ada beberapa alasan digunakannya pondasi sumuran dalam konstruksi :

1. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
2. Selama pelaksanaan pondasi sumuran tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang.
3. Ketika proses pemancangan dilakukan, getaran tanah akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada di dekatnya, tetapi dengan penggunaan pondasi sumuran hal ini dapat dicegah.
4. Karena dasar dari pondasi sumuran dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk gaya keatas.
5. Pada pondasi tiang pancang, proses pemancangan pada tanah lempung akan membuat tanah bergelombang dan menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergerak ke samping. Hal ini tidak terjadi pada konstruksi pondasi sumuran.
6. Pondasi sumuran mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.
7. Permukaan di atas di mana dasar pondasi sumuran didirikan diperiksa secara langsung.

Beberapa kelemahan dari pondasi sumuran :

1. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah berkerikil maka menggunakan bentonite sebagai penahan longsor.
2. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas daya dukung tanah terhadap tiang, maka air yang mengalir langsung dihisap dan dibuang kembali kedalam kolam air.
3. Keadaan cuaca yang buruk dapat mempersulit pengeboran dan pengecoran, dapat diatasi dengan cara menunda pengeboran dan pengecoran sampai keadaan cuaca memungkinkan atau memasang tenda sebagai penutup.
4. Akan terjadi tanah runtuh (*ground loss*) jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang casing untuk mencegah kelongSORan.
5. Karena diameter tiang cukup besar dan memerlukan banyak beton dan material, untuk pekerjaan kecil mengakibatkan biaya meningkat maka ukuran tiang pondasi sumuran disesuaikan dengan beban yang dibutuhkan.
6. Walaupun penetersai sampai ke tanah pendukung pondasi dianggap telah terpenuhi, kadang-kadang terjadi bahwa tiang pendukung kurang sempurna

karena adanya lumpur yang tertimbun didasar, maka dipasang pipa paralon pada tulangan pondasi untuk pekerjaan base *grouting*.

2.2.3 Tipe-tipe Pondasi Sumuran/Kaison

Tipe-tipe kaison dibagi menurut cara pembuatannya, yaitu :

1. Kaison terbuka (*open caisson*)
2. Kaison pneumatic (*pneumatic caisson*)
3. Kaison apung (*floating caisson*)

1. Kaison terbuka

Kaison terbuka merupakan kaison yang pada bagian atas dan bawahnya terbuka selama pelaksanaan. Kaison ini, bila digunakan pada area yang tergenang air, pelaksanaannya adalah dengan membenamkan dan menggali tanah di bagian dasarnya. Kaison dimanfaatkan dengan memanfaatkan beratnya sendiri, bersama sama dengan penggalian tanah. Ketika pembenaman kaison mencapai tanah keras yang diinginkan, dasar kaison ditutup dengan beton dengan tebal antara 1,5 sampai 5 m. Pada kaison terbuka, penutupan dilakukan di bawah muka air. Jika tanah dasar sangat keras maka penggalian dilakukan dengan cara peledakan (*blasting*).

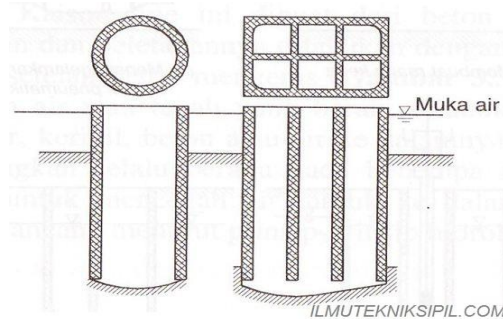
Pada penggalian tanah untuk kaison terbuka yang umumnya dilakukan dengan cara pengukuran, volume tanah yang tergali selalu lebih besar dari volume kaison yang terpasang. Hal ini, disebabkan dinding lubang galian tanah yang cenderung bergerak ke dalam galian. Seperti pada **Gambar 2.13**

Keuntungan kaison terbuka :

1. Dapat mencapai kedalaman yang besar.
2. Biaya pembuatan relatif rendah.

Kerugian kaison terbuka :

1. Dasar kaison tidak dapat diperiksa dan di bersihkan.
2. Kualitas beton penutup dasar yang dicor dalam air tidak bagus.
3. Penggalian pada tanah yang berbatu sangat sulit.



Gambar 2.13 Kaisan Terbuka

2. Kaisan pneumatik

Kaisan pneumatic (*pneumatic caisson*), merupakan kaisan yang tertutup. Penggalan tanah dilakukan dengan mengalirkan udara bertekanan kedalam ruang kerja untuk penggalan. Dengan cara ini penggalan dan pengecoran beton ke dalam sumuran dilakukan dalam kondisi kering. Bentuk tubuh kaisan pneumatic hampir sama seperti kaisan terbuka, bedanya hanya pada bagian ruang kerja di bawah. Penggalan dilakukan pada ruang kerja yang diberi tekanan udara yang sama dengan tekanan air tanah untuk mencegah aliran air masuk ke ruang kerja. Pintu udara, kecuali dipakai untuk jalan keluar – masuk pekerja juga untuk mengeluarkan tanah galian. Untuk kaisan yang besar dapat dipakai 2 pintu udara, yang pertama untuk galian sedang yang kedua untuk keluar – masuk pekerja. Ruang kerja diisi dengan beton pada waktu dasar kaisan telah mencapai kedalaman yang dikehendaki. Seperti pada **Gambar 2.14**

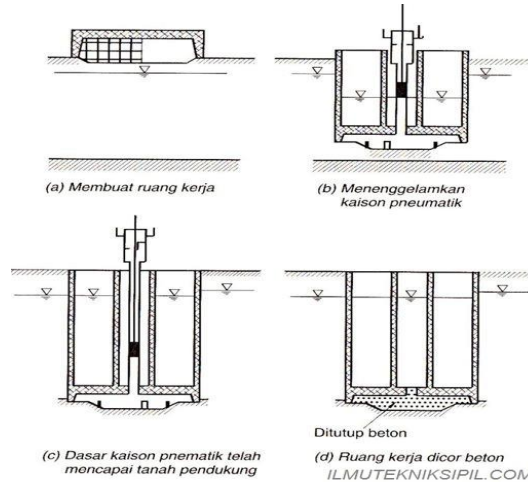
Keuntungan :

1. Pelaksanaan dalam kondisi kering.
2. Karena pengecoran beton dalam kondisi kering, kualitas beton dapat seperti yang diharapkan.
3. Batu-batuan besar dapat dibongkar pada waktu penggalan untuk membenamkan kaisan.

Kerugian :

1. Penggalan dengan tekanan udara membuat biaya pelaksanaan tinggi.

2. Kedalaman penetrasi di bawah air terbatas sampai kedalaman sekitar 40 m atau 400 kPa. Hal ini karena tenaga manusia mempunyai ketahanan terhadap tekanan udara yang terbatas



Gambar 2.14 Kaison pneumatik

3. Kaison Apung

Kaison apung atau kaison box merupakan kaison yang tertutup pada dasarnya. Kaison tipe ini terbuat dari tipe beton bertulang yang dicetak di daratan dan peletakkannya dilakukan dengan mengapungkan kaison tersebut setelah beton mengeras. Pembenaan kaison ke dalam air atau tanah yang berair, dilakukan dengan cara mengisi pasir, kerikil, beton atau air ke dalamnya. Permukaan air harus diperhitungkan selalu berada pada beberapa meter di bawah puncak kaison untuk mencegah air masuk ke dalamnya. Stabilitas pengapungan dirancang menurut prinsip-prinsip hidrolika. Seperti pada **Gambar 2.15**

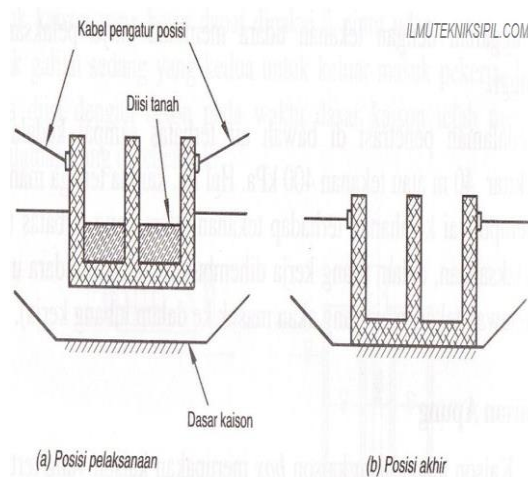
Keuntungan :

1. Biaya pelaksanaan rendah.
2. Dapat digunakan bila pembuatan tipe kaison yang lain tidak memungkinkan

Kerugian :

1. Tanah dasar halus digali atau ditimbun sampai elevasi yang diinginkan.

2. Tipe ini hanya cocok bila tanah fondasi berada di dekat permukaan tanah. Penggalan tanah yang terlalu dalam mahal, karena tanah jenuh cenderung longsor ke dalam lubang galian.
3. Tanah pendukung sering tidak padat, karena pemadatan di dalam air sangat sulit.



Gambar 2.15 Kaisan Apung

2.2.4 Konsep Perencanaan Pondasi Sumuran

Secara umum perencanaan fondasi kaisan harus diperhitungkan terhadap gaya-gaya luar yang bekerja yaitu gaya vertikal, gaya horizontal dan momen guling.

Oleh karena itu fondasi kaisan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memenuhi beberapa syarat sebagai berikut :

- a) Kapasitas reaksi tanah maksimum pada dasar kaisan tidak boleh melebihi kapasitas daya dukung tanah vertikal yang diijinkan pada kedudukan tersebut.
- b) Kapasitas reaksi tanah maksimum yang terjadi dibagian luar dinding kaisan tidak boleh melebihi kapasitas daya dukung tanah mendatar yang diijinkan pada kedudukan tersebut.
- c) Gaya tahanan geser yang terjadi pada dasar kaisan tidak boleh melebihi gaya tahanan geser yang diijinkan yang bekerja diantara dasar kaisan dan tanah.
- d) Perlu diperhitungkan pergeseran yang terjadi pada kepala kaisan akibat hubungan dengan bangunan di atasnya.

- e) Perlu diperiksa tegangan pada setiap bagian dari tubuh kaisan jangan sampai melebihi tegangan bahan yang diijinkan.

2.2.5 Perhitungan Pondasi Sumuran

1. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Sumuran

Pondasi berfungsi menyalurkan beban-beban terpusat dari bangunan bawah kedalam tanah pendukung dengan cara demikian sehingga hasil tegangan dan gerakan tanah dapat dipikul oleh struktur secara keseluruhan. Daya dukung pondasi harus lebih besar dari pada beban yang dipikul oleh pondasi tersebut dan penurunan yang terjadi harus sesuai batas yang diizinkan (toleransi) yaitu 1" (2,54cm), daya dukung pondasi sumuran dapat ditentukan berdasarkan data-data hasil penyelidikan tanah di laboratorium dan data hasil pelaksanaan *Standard Penetration Test*.

Untuk pondasi yang berbentuk sumuran, Bowles menyarankan persamaan daya dukung dengan nilai faktor - faktor daya dukung yang sama. Persamaan daya dukung Pondasi Sumuran (*Hardiyatmo, 2014*)
Persamaan daya dukungnya dinyatakan oleh :

Menghitung berat sendiri fondasi sumuran

$$W = 0,25 \times \pi \times D^2 \times \gamma_{\text{Beton}} \times h \dots\dots\dots (2.29)$$

Dengan

W : Berat fondasi sumuran (kN)

π : 22/7

D : diameter fondasi (m)

γ_{beton} : Berat isi beton (kN/m³)

h : Kedalaman fondasi (m)

Perhitungan Daya Dukung Tanah

Dari persamaan Bowles didapat

$$Q_{all} = 20 \times N \times K_d \dots\dots\dots (2.30)$$

Dengan

K_d = Faktor Kedalaman Pondasi

$$K_d = \left(1 + 0,33 \frac{D}{B} \right) \dots \dots \dots (2.31)$$

$$= \left(1 + 0,33 \frac{2}{1,2} \right)$$

$$= 1,55 > K_{d_{maks}} = 1,33$$

Maka digunakan $K_{d_{maks}} = 1,33$

Perhitungan tulangan fondasi

2. Menentukan nilai tekanan ultimit (P_{ult})

$$P_{ult} = V_1 + (W \times 1,3) \dots \dots \dots (2.32)$$

Dengan

P_{ult} : Tekanan Ultimit (kN)

V : Gaya vertikal (kN)

W : Berat (kN)

3. Untuk menentukan nilai eksentrisitas dapat digunakan persamaan di bawah ini

$$e = \frac{M_{ult}}{P_{ult}} \dots \dots \dots (2.33)$$

Dengan

e : nilai eksentrisitas

M_{ult} : Momen Ultimit (kNm)

P_{ult} : Teknan Ultmit (kN)

4. Nilai $\rho_g = 0,01$

5. Luas Penampang fondasi

$$A_g = \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) \dots \dots \dots (2.34)$$

Dengan

A_g : Luas Penampang (m^2)

D : Diameter (m)

6. Luas penampang tulangan

$$A_{st} = \rho_g \times A_g \dots \dots \dots (2.35)$$

7. $A_s = A_s' = 0,5 \times A_{st} \dots \dots \dots (2.36)$

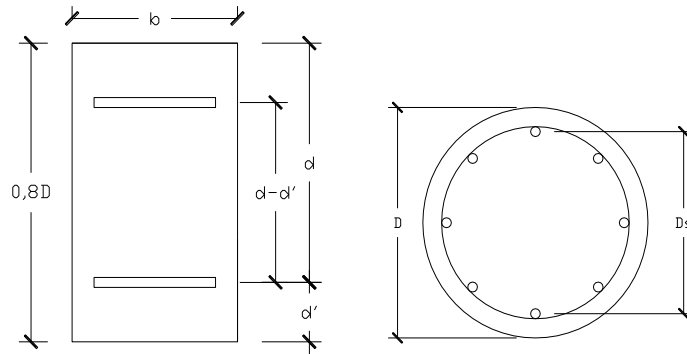
8. Periksa Pu terhadap beban seimbang

Tebal penampang segiempat ekivalen

$$h = 0,8 D \quad \dots\dots\dots (2.37)$$

Lebar penampang segiempat ekivalen

$$b = \frac{Ag}{0,8 D} \quad \dots\dots\dots (2.38)$$



Gambar 2.16 Transformasi kolom bulat

$$ds = h - 2p - \left(2x \frac{1}{2} x \phi \text{ tulangan} \right) \dots\dots\dots (2.39)$$

$$d - d' = \frac{2}{3} x ds \dots\dots\dots (2.40)$$

$$d' = \frac{h - (d - d')}{2} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$d = (d - d') + d' \dots\dots\dots (2.42)$$

$$cb = \frac{600}{600 + f_y} x d \dots\dots\dots (2.43)$$

$$ab = \beta_1 x cb \dots\dots\dots (2.44)$$

$$f_s' = \frac{600 x (cb - d')}{cb} \dots\dots\dots (2.45)$$

$$P_{nb} = (0,85 x f_c' x ab x b) + (A_s' x f_s') - (A_s x f_y) \dots\dots\dots (2.46)$$

Atau

$$M_{nb} = \left(0,85 x f_c' x ab x b x \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) \right) + \left(A_s' x f_y x \frac{1}{2} x (d - d') \right) - \left(A_s x f_y x \frac{1}{2} x (d - d') \right) \dots\dots (2.47)$$

9. Periksa kekuatan penampang kolom bulat

$$P_n = \left(\frac{A_s' x f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} \right) + \frac{b x h x f_c'}{\left(\frac{3 x h x e}{d^2} \right) + 1,18} \dots\dots\dots (2.48)$$

10. Merencanakan penulangan spiral

$$\rho_s \text{ perlu} = 0,45 \left(\frac{Ag}{Ac} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_y} \dots\dots\dots (2.49)$$

$$Dc = D - 2p \dots\dots\dots (2.50)$$

$$Ac = \frac{1}{4} \times \pi \times Dc^2 \dots\dots\dots (2.51)$$

$$Ag = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \dots\dots\dots (2.52)$$

$$As = \frac{1}{4} \times \pi \times ds^2 \dots\dots\dots (2.53)$$

Jarak spiral yaitu

$$S = \frac{4As(Dc - ds)}{Dc^2 \rho_s} \dots\dots\dots (2.54)$$

2.3 Manajemen Proyek

Manajemen dapat diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh suatu hasil dalam rangka untuk mencapai suatu tujuan melalui suatu kegiatan sekelompok orang. Menurut H.Koontz, manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang lain untuk mencapai sasaran organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan.

Proyek adalah kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang telah digariskan dengan jelas.

Menurut H.Kurzner (1982), Manajemen Proyek adalah merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk sasaran yang telah ditentukan.

2.3.1 Rencana Lapangan

Rencana lapangan adalah suatu rencana perletakkan bangunan pembantu atau darurat yang diperlukan sebagai sarana pendukung untuk melaksanakan pekerjaan tergantung besar kecilnya proyek. Rencana perletakan itu sendiri adalah bangunan – bangunan pembantu atau sementara. Misalnya direksi keet, gudang, pagar keliling, bengkel, pos keamanan dan sebagainya.

Tujuan pokok dalam perencanaan *site plan / site installation* adalah mengatur letak bangunan - bangunan fasilitas dan sarana pada proyek sedemikian rupa, sehingga pelaksanaan pekerjaan konstruksi dapat berjalan dengan :

- Efisien

Penempatan dari bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek perlu diatur menurut kebutuhan sehingga diperoleh efisiensi kerja. Efisiensi kerja adalah pencapaian perbandingan terbaik antara sumber tenaga / daya dengan hasil pelaksanaan.

Oleh karena itu, letak bangunan-bangunan fasilitas dan sarana tersebut tidak boleh saling mengganggu satu dengan yang lainnya, baik jarak maupun ukurannya.

- Efektif

Penempatan bangunan-bangunan fasilitas dan sarana yang efektif pada proyek juga dibutuhkan dalam menunjang pekerjaan konstruksi. Efektif adalah dapat diselesaikannya suatu pekerjaan sesuai dengan rencana (*schedule*) kerja yang telah disusun.

Perencanaan *site plan* / *site installation* yang tidak efektif dapat mengakibatkan terjadinya keterlambatan proyek dan bertambahnya anggaran biaya proyek.

- Lancar

Yang dimaksud dengan lancar dalam perencanaan *site plan* / *site installation* adalah kelancaran pelaksanaan pekerjaan, terutama kelancaran transportasi / angkutan di lokasi proyek.

Pembuatan jalan kerja untuk mendukung kelancaran transportasi sangat erat hubungannya dengan perletakan bangunan-bangunan fasilitas dan sarana proyek lainnya. Terganggunya kelancaran transportasi dapat mengakibatkan timbulnya hambatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi sehingga jangka waktu pelaksanaan pekerjaan konstruksi dapat menyimpang dari rencana kerja yang telah tersusun.

- Aman

Salah satu tujuan dibuatnya bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek adalah untuk keperluan keamanan dan keselamatan pekerjaan selama berlangsungnya kegiatan proyek.

Yang dimaksud dengan keamanan adalah menghindarkan gangguan pencurian, kehilangan dan kerusakan peralatan serta bahan-bahan bangunan.

Sedangkan yang dimaksud dengan keselamatan adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan keselamatan para tenaga kerja. (Djojowiriono, 1991)

2.3.2 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana kerja adalah suatu pembagian waktu terperinci yang disediakan masing – masing bagian pekerjaan mulai dari bagian – bagian pekerjaan permulaan sampai dengan bagian – bagian pekerjaan akhir. Adapun tujuan dari rencana kerja adalah sebagai evaluasi dan melihat batas waktu serta melihat pekerjaan apakah lebih cepat, lama atau tepat waktu. Jenis – jenis rencana kerja adalah sebagai berikut :

- Diagram Balok / Bar Chart

Diagram balok disebut juga Gantt Bar chart atau disingkat Bar Chart sesuai dengan nama penemunya H.L Gantt pada tahun 1917. Bar Chart adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Bar chart disusun dalam kolom arah vertikal dan arah horizontal. Data yang diperlukan dalam membuat Bar Chart adalah :

1. Proyek yang akan dilaksanakan
2. Daftar semua kegiatan yang akan dikerjakan untuk menyelesaikan proyek.
3. Hubungan antara masing – masing pekerjaan.

- Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana dan kenyataan dari suatu pekerjaan sehingga kita dapat melihat progress (kemajuan). Dari kurva S dapat diketahui presentase (%) pekerjaan yang harus dicapai pada waktu tertentu. Untuk menentukan bobot tiap pekerjaan harus dihitung terlebih dahulu volume pekerjaan dan biayanya, serta biaya nominal dari seluruh pekerjaan tersebut. Kurva S ini sangat efektif untuk mengevaluasi dan mengendalikan waktu dan biaya proyek.

Penampilan varian kurva S ditampilkan dalam bentuk grafis. Dalam penggambaran Kurva S terdiri dari dua sumbu, sumbu vertikal, menunjukkan nilai kumulatif biaya atau penyelesaian pekerjaan sedangkan sumbu

horizontal menunjukkan waktu kalender. Kurva S juga mampu memperlihatkan kemajuan proyek dalam tampilan yang mudah dipahami.

- *Network Planning/NWP*

Network Panning adalah salah satu model yang digunakan dalam meneyelenggarakan proyek. Menurut Soetomo Kajatmo *Network Planinng* merupakan sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas dan lengkapnya perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Adapun definisi proyek itu sendiri adalah suatu ragkaian kegiatan – kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapatkan tujuan tertentu.

- *CPM (Critical Path Method)*

CPM (Critical Path Method) adalah salah satu metode yang digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan waktu proyek. Diagram jaring sering disebut diagram panah, karena kegiatan / aktifitas dalam jaringan dinyatakan dengan panah, digambar dengan simbol – simbol tertentu.

2.3.3 Rencana Kerja dan Syarat – Syarat

Rencana Kerja dan Syarat – Syarat (RKS) adalah dokumen yang berisikan nama proyek berikut penjelasan beberapa jenis, besar dan lokasinya, tata cara pelaksanaan, syarat – syarat pekerjaan, syarat mutu pekerjaan dan keterangan – keterangan lain yang hanya daapat dijelaskan dalam bentuk tulisan. RKS biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan.

1. Syarat- Syarat Umum

Syarat – syarat umum meliputi :

- a. Keterangan pemberian tugas.
- b. Keterangan mengenai perencanaan.
- c. Syarat – syarat peserta lelang.
- d. Bentuk surat penawaran dan cara penyimpanan.

2. Syarat – syarat administrasi

Syarat – syarat administrasi meliputi :

- a. Sarat pembayaran
- b. Tanggal penyerahan pekerjaan/ barang
- c. Denda atas keterlambatan
- d. Besarnya jaminan penawaran
- e. Besarnya jaminan pelaksanaan.

3. Syarat-syarat teknis

Syarat-syarat teknis meliputi :

- a. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan.
- b. Jenis dan mutu bahan yang digunakan

2.3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Rencana Anggaran Biaya pada bangunan atau proyek yang sama akan berbeda – beda di masing – masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah kerja.

Dalam menyusun rencana anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

- Rencana anggaran biaya kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun rencana anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap persegi (m^2) luas lantai. Rencana anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap rencana anggaran biaya yang dihitung secara teliti. Walaupun rencana anggaran biaya kasar, namun harga satuan tiap m^2 tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

- Rencana anggaran biaya teliti

Rencana anggaran biaya teliti adalah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat – syarat penyusunan anggaran biaya.

Sedangkan penyusunan anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

1. Rencana kerja dan syarat- syarat
2. Gambar
3. Harga satuan dan upah.

2.3.5 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah menguraikan secara rinci besar atau volume suatu pekerjaan. Dalam menghitung besar volume masing – masing pekerjaan harus sesuai dengan gambar yang sudah ada.